

**Е. В. Волкова**

## **К ВОПРОСУ О СУЩЕСТВОВАНИИ ХИМИЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ**

Философ... не должен поступать, как паук:  
растрчивать разум на хитросплетения; он  
должен поступать как пчела: собирать факты  
и с помощью разума превращать их в мед.

*Р. Бэкон*

В психологии на сегодняшний день не существует единого подхода к определению понятий *общие и специальные способности*. Поэтому вопрос, заявленный в заглавии статьи, может разделить психологов как минимум на четыре лагеря:

1. А. Г. Шмелев на основе многочисленных результатов тестирования приходит к выводу, что успех в решении различных химических задач — это всего лишь результат интеллектуальной деятельности.

2. Представители психоморфологизма полагают, что для каждой способности предуготовлен свой задаток, и человек по своей врожденной организации предназначен для того, чтобы раз и навсегда быть прикованным к определенной профессии. Таким образом, доказательство существования той или иной способности сводится к установлению этого задатка.

3. С точки зрения В. Д. Шадрикова, «способности можно определить как свойства функциональных систем, реализующих отдельные психи-

---

ВОЛКОВА Елена Вениаминовна — кандидат психологических наук, доцент кафедры психологии развития и педагогической психологии Уральского государственного университета им. А. М. Горького (E-mail: volkovaev@mail.ru).

© Волкова Е. В., 2007

ческие функции, имеющие индивидуальную меру выраженности, проявляющуюся в успешности и качественном своеобразии освоения и реализации отдельных психических функций»<sup>1</sup>. Поэтому не существует «летних», «кулинарных», «музыкальных», «педагогических» и прочих способностей.

4. С. Л. Рубинштейн под способностью понимает «сложное образование, комплекс психических свойств, делающих человека пригодным к определенному, исторически сложившемуся виду общественно-полезной профессиональной деятельности. Всякая специальная способность есть способность к чему-то. Способность в специальном понимании нельзя определить безотносительно к общественной организации труда и приспособленной к ней системе образования»<sup>2</sup>. Ученый подчеркивает, что нельзя отрывать изучение специальных способностей от элементарных родовых свойств, которые характеризуют человека как такового. Когда человек приступает к определенному виду конкретной профессиональной деятельности или готовится к ней, происходят отбор и стереотипизация психических процессов, которых объективно требует данный вид деятельности, возникает новая «природная» способность в виде «стереотипизированной системы рефлекторных связей»<sup>3</sup>. В отличие от навыков, способности — результат закрепления не способов действия, а психических процессов, посредством которых действия и деятельности регулируются.

Не столь однозначный ответ дают и сами химики: одни четко и однозначно отвечают, что существуют, другие утверждают, что успех в химии определяется только интеллектуальными способностями (память, мышление) и совокупностью знаний по физике и математике. Но практика подбрасывает нам такие факты, которые заставляют задуматься о существовании химических способностей: почему не все высокоинтеллектуальные студенты успешны в химии; почему студенты с великолепной памятью жалуются на то, что не могут запомнить химическую информацию, в то время как студенты с низким уровнем развития памяти (6 баллов в субтесте Векслера «повторение цифр») могут быть очень успешными в химии; почему студенты, отлично успевающие по математике или физике, не показывают такие же превосходные результаты по химии?..

Такие вопросы можно задавать бесконечно. Воспользуемся примером великого химика Юстуса Либиха, который, чтобы не утонуть в болоте философских и мистических рассуждений, все прочитанное им в книгах по химии проверял на практике.

Наше исследование проводилось в 1997–2007 гг. и включало три этапа:

1. На основе литературно-аналитического обзора по проблеме исследования сущности химических способностей, биографических данных великих химиков, а также истории развития и становления химии как науки были выделены компоненты, типы химических способностей. Разработана

модель репрезентативных когнитивных структур, формирующаяся в процессе усвоения школьного курса химии<sup>4</sup>.

2. Фактическое содержание выделенных когнитивных структур, являющихся материальным субстратом химических способностей, нуждается в экспериментальной проверке, поэтому на основе полученных теоретических данных в 1998–2002 гг. была разработана программа «Когнитивное обучение на уроках химии», построенная в соответствии с принципом системной дифференциации. Проведен сравнительный анализ когнитивных структур предметных знаний, особенностей интеллектуального развития, уровня когнитивной дифференцированности у школьников, обучающихся по разным учебным программам<sup>5</sup>.

3. Разработка в 2002–2007 гг. компьютерной системы «Great chemist»<sup>6</sup>, позволяющей определить уровень сформированности когнитивных структур репрезентации химических знаний и исследование химических способностей у студентов и школьников (призеров областных олимпиад или обучающихся в профильных классах).

Комплекс диагностических методик состоял из следующих блоков:

1. Методики оценки уровня интеллектуального развития;
2. Методики изучения уровня дифференцированности когнитивных структур;
3. Методики оценки личностных особенностей;
4. Методики диагностики индивидуально-психологических особенностей;
5. Методики оценки творческих способностей;
6. Методики диагностики химических способностей: показатели успеваемости по химиям; химический диктант; химическое кодирование; химическая память, классификация химических понятий; тестовые задания для итогового контроля качества знаний; «Great chemists»; методика прямого шкалирования основных компонентов общих и химических способностей.

В исследовании приняли участие 575 студентов химического факультета УрГУ (1–5-й курсы), 288 школьников 8–11-го классов 14 городов области и областного центра (Екатеринбург, Н. Тагил, Ирбит, Березовский, Полевской и др.).

### Результаты исследования

В ходе исследования мы попытались ответить на следующие вопросы:

1. Можно ли сводить успехи студентов по химии лишь к совокупности знаний по физике и математике?

Метод математического анализа различий для парных выборок (Т-критерий Стьюдента) выявил значимые различия между оценками по химии и математике, химии и физике. Студенты могут быть очень успешными в хи-

мии и не очень успешными в математике и физике и, наоборот, успешными в физике и математике и менее успешными в химии. Многие студенты-химики испытывают значительные трудности при усвоении физики и математики.

Но можно ли утверждать, что химические знания не зависят от уровня знаний математики, физики? Наверное, нет. Низкий уровень арифметических знаний и знаний физики у школьников существенно затрудняет усвоение химии. Анализ результатов выполнения субтеста «арифметический» (тест Векслера) показал, что повсеместное использование калькуляторов привело к тому, что многие студенты затрудняются в уме решать арифметические задачи в два действия. А ведь даже такое простое действие, как определение степени окисления в сложном веществе предполагает выполнение в уме вычислений в два и более действия. Невысокий уровень знаний по математике и физике приводит к тому, что студенты испытывают серьезные трудности при изучении физической химии.

М. В. Ломоносов в работе «Слово о пользе химии...» определяет сущность химических способностей как способность использовать единство теоретических (физических, химических, математических) и практических умений для рассмотрения внутреннего строения веществ. Он пишет: «Химик требуется не такой, который только из одного чтения книг понял; но который собственным искусством в ней прилежно упражнялся...», «...который, в изобретениях и в доказательствах привыкнув к Математической строгости, в Натуре сокровенную тайну точным и непоползновенным языком вывести умеет. Бесполезны тому очи, кто желает видеть внутренность вещи, лишаясь рук к отверстию оной. Бесполезны тому руки, кто к рассмотрению открытых вещей очей не имеет. Химия руками, Математика очами Физическими по справедливости называться может. ...Обе в исследовании внутренних свойств телесных одна от другой необходимой помощи требуют...»

2. Есть ли различия между компонентами общих и специальных способностей?

Для ответа на этот вопрос мы воспользовались методикой прямого шкалирования основных компонентов общих и химических способностей. Метод математического анализа различий для парных выборок (Т-критерий Стьюдента) выявил значимые различия в оценках студентами своих общих и специальных способностей: интуиция и химическая интуиция; мышление и химическое мышление; языковые способности и химический язык; способность решать задачи по математике и химии; способность решать задачи по физике и по химии. Однако между способностью осуществлять химический эксперимент и «умелыми руками» значимых различий выявлено не было. Полученные данные по методике прямого шкалирования основных компонентов общих и химических способностей согласуются с результата-

ми исследования по другим методикам (химическая память, химическая интуиция, «Great chemists»).

### 3. Возможно ли существование «химической памяти»?

Мы модернизировали методику «10 слов» слухового запоминания: серия А — стимульный материал без изменения (слова русского языка: *лампа, яблоко, карандаш* и др.); серия В — химические элементы, объединенные групповой закономерностью; серия С — химические элементы в периодической закономерности; серия D — химические элементы вразброс. Результаты математического анализа показали значимые различия между способностью запоминать слова русского языка и знаки химических элементов. При анализе данных отдельных студентов были выявлены уникальные случаи, когда химики с небольшим объемом слуховой памяти на слова хорошо запоминали не только элементы, объединенные групповой или периодической закономерностью, но и вразброс. Так же были выявлены студенты, которые хорошо запоминали любую информацию, и студенты, которые хорошо выполняли серию А, но серии В, С и D выполняли одинаково плохо. Аналогичная избирательность мнемической активности была выявлена и при запоминании цифровой информации (5-й субтест Векслера). Студенты могли хорошо запоминать элементы, но плохо воспринимали цифры. Полученные данные заставляют предположить вероятность существования особой — «химической» — памяти.

Аналогичным образом мы модернизировали 7-й субтест методики Д. Векслера — шифровка: серия А — методика без изменений; серия В — необходимо закодировать предложенные цифры знаками химических элементов вразброс; серия С — элементы, объединенные периодической закономерностью; серия D — групповой. Выявлены те же закономерности: у более способных в химии студентов психомоторная скорость кодирования цифр знаками элементов, объединенных химической закономерностью, значимо выше. У менее способных студентов такой закономерности не наблюдается.

### 4. Существует ли «химическое мышление»?

Многие исследователи (К. Борецка<sup>7</sup>, М. А. Шаталов<sup>8</sup> Л. П. Очирова<sup>9</sup> и др.) считают, что особенностью химического мышления является установление причинно-следственных связей, подчеркивают творческий характер мышления химика. Если следовать логике психологов и химиков, отрицающих существование химического мышления, то лучше успевающие химики должны иметь более высокие показатели выполнения субтестов «причины» и «следствия» вербальной батареи Торренса и более высокий уровень творческих способностей, измеренных той же методикой. Разделим нашу выборку на две группы (в группе лучше успевающих студентов средний балл по всем химиям — более 4,7 и в группе хуже успевающих — менее 4,7) и проверим, существуют ли различия между испытуемыми данных групп по показателям методики Торренса.

Математический анализ показал отсутствие достоверных различий. Следовательно, можно полагать, что существует химическое мышление, в основе которого лежат специфические операционные механизмы, отражающие химическую форму движения материи.

Но более интересные данные были получены в результате качественного анализа<sup>10</sup>. Достаточно часто, но не у всех студентов, в невербальной батарее Торренса встречаются химические образы: химическая посуда (пробирки, колбы, воронки, мерные цилиндры, осушители), химические формулы и знаки, графики химических процессов (цикл Карно), гальванические элементы, электролиз и др. И нас особенно заинтриговало: чем же отличаются студенты, нарисовавшие и не нарисовавшие химические образы?

Математический анализ данных показал, что причиной появления химических образов является более высокий уровень дифференцированности когнитивных структур репрезентации предметных знаний, более высокий уровень специальных способностей химиков. Таким образом, появление «химических образов» в невербальной батарее Торренса может служить более надежным, чем успеваемость, критерием выявления потенциально способных химиков.

Мышление — «родовое» свойство человека, но не все люди — химики. В программу любой технической дисциплины входит набор обязательных предметов, среди которых имеется химия. Если эта дисциплина является частью «технического знания», то стоит ли выделять химическое мышление? Чем, например, мышление физика и математика отличается от мышления химика?

Венель характеризует различие между химиком и физиком следующим образом: «Химики — это достаточно изолированное и весьма немногочисленное сообщество со своим языком, законами и тайнами. Эти люди живут как бы в особом мире... Физики — рассматривают массы, силы... Химики же изучают вещества в их взаимосвязях. И если физические свойства можно точно измерить, то химические теории лишь приблизительны, предлагают различные принципы и концепции, которые заложены в самой природе или сформулированы при творческом озарении талантливого ученого». Например, принцип Пирсона: «Жесткие кислоты взаимодействуют с жесткими основаниями, а мягкие — с мягкими» практически не отличается от высказывания древнегреческого ученого Эмпедокла: «Итак, сладкое тянется к сладкому, горькое — к горькому, кислота — к кислоте, теплое — к теплу».

Для физика цвет окрашенных тел характеризует свойства поверхности пропускать или отражать те или иные лучи определенной длины волны. Для химика цвет окрашенных тел свидетельствует о присутствии в них определенного вещества, которое можно выделить в лаборатории. Качествен-

ный и количественный химический анализ основан на получении осадков или комплексов разной окраски с поэтическими названиями: «цвет чайной розы», «берлинская лазурь», «турнбулева синь». И даже в яшме, окраска которой кажется не отделимой от нее, химик может выделить «виновное» вещество по методу Бехера.

У химиков свой язык<sup>11</sup>, свои основополагающие принципы (попробуйте сформулировать периодический закон Д. И. Менделеева в виде формулы!), свои тайны взаимодействия, своя логика и мышление. Вспомним «путь познания» проводимости в кристаллах со сверхструктурой. Физики пишут огромные гамильтонианы, не забыв ни про одну мелочь, затем методом последовательных приближений избавляются от нерешаемых дифференциальных уравнений и получают тензор попроще, который легко сможет решить любой суперкомпьютер за пару триллионов лет. Химиков не устраивает ненаглядное представление об изучаемых явлениях: они и придумывают различного рода поляроны, синтоны...

Для химиков-органиков низкий уровень развития пространственного восприятия, зрительной логики является непростительным, поскольку необходим «наглядный контроль» за всеми взаимодействиями: «Два фактора определяют ход большинства реакций в органической химии — это взаимодействие зарядов и орбитальное соответствие...»<sup>12</sup> Физики и химики смотрят на проблемы по-разному, но их теории не противоречат друг другу.

Для выявления различий между математиками и химиками рассмотрим решение следующей задачи: Какой объем углекислого газа выделится при обработке 15 г карбоната кальция избытком раствора соляной кислоты?

$V(\text{CO}_2) - ?$	<i>Решение.</i> Составим схему задачи.
$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль}$ $m(\text{CaCO}_3) = 15 \text{ г}$	<p>1. Напишем уравнение реакции:  <math>\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}</math>.</p> <p>2. По уравнению реакции:  из 100 г <math>\text{CaCO}_3</math> получается 22,4 л <math>\text{CO}_2</math>,  из 15 г <math>\text{CaCO}_3 - x \text{ л } \text{CO}_2</math></p> <p>3. Какой объем углекислого газа выделится при обработке 15 г карбоната кальция избытком раствора соляной кислоты? Составим пропорцию:</p> $\frac{100 \text{ г}}{15 \text{ г}} = \frac{22,4 \text{ л}}{x \text{ л}}$ <p>Получаем:</p> $V(\text{CO}_2) = \frac{22,4 [\text{л}] \times 15 [\text{г}]}{100 [\text{г}]}$ $V(\text{CO}_2) = 3,36 \text{ л}$ <p><i>Ответ:</i> 3,36 л углекислого газа выделится при обработке 15 г карбоната кальция избытком раствора соляной кислоты.</p>

И в химии и в математике используется принцип пропорциональности, сформулированный еще Платоном: огонь относится к воздуху, как воздух к воде и как вода к земле. Но в химии механизм решения задач опосредован логикой качественно-количественных взаимоотношений между компонентами пропорции, обусловленных природой реагирующих веществ (1 и 2 действия). Поэтому в правой и левой частях пропорции мы видим разные физические размерности — объем и масса, что в математике недопустимо (и что вызывает большие трудности в решении данной задачи математиками, так как им трудно понять логику и причину качественно-количественных взаимодействий). Следует ли из этого, что представленная задача решена неверно? Конечно, нет, поскольку данное действие — перевод в одну размерность — у химиков осуществляется в свернутом виде. Из уравнения реакции (первое действие) видно, что:

<b>Из одной молекулы <math>\text{CaCO}_3</math></b>	<b>образуется</b>	<b>одна молекула <math>\text{CO}_2</math></b>
Следовательно, из одного моль $\text{CaCO}_3$	образуется	один моль $\text{CO}_2$
Один моль $\text{CaCO}_3$ имеет массу, равную 100 г		один моль $\text{CO}_2$ занимает объем, равный 22,4 л
<b>Следовательно, из 100 г <math>\text{CaCO}_3</math></b>	<b>можно получить</b>	<b>22,4 л <math>\text{CO}_2</math></b>

*Примечание.* 1 моль — это  $6,02 \cdot 10^{23}$  частиц.

Следующий момент, который следует отметить. В химии существуют материальные реальности, которые могут принимать только целые значения, такие как атом, молекула и др. Не существует  $1/3$  атома или  $1/5$  молекулы. Использование дробных чисел применительно к данным реальностям приводит к уничтожению их сущности.

Действие вышеописанных стереотипизированных процессов отчетливо проявляется при решении задачи 14 арифметического субтеста Векслера: 8 человек могут закончить работу за 6 дней. Сколько человек потребуется, чтобы закончить эту работу за полдня?

Рассмотрим типовые ошибки или логику решения данной задачи студентом-химиком в условиях ограничения времени:

1 действие:            на 6 дней — 8 человек,  
                              на 0,5 дня —  $x$  человек.

2 действие:             $\frac{6 \text{ дней}}{0,5 \text{ дня}} = \frac{8 \text{ человек}}{x \text{ человек}}$ .

Получаем:             $x \text{ человек} = \frac{8 \cdot 0,5}{6}$ ,

$x = 2/3$  человека.

**Испытуемый:** *чушь какая-то, не может быть  $2/3$  человека, задача*



*составлена неверно... Или эта задача не на пропорцию? Ой, да тут другая логика решения задачи!.. Если бы не увидел дробное число человека, так бы и подумал, что правильно. Не подумал, вот и стал решать, как в химии мы решаем...*

Как мы видим, для того чтобы решить данную задачу правильно, студенту-химику необходимо «выйти за пределы» стереотипизированных психических процессов, сформированных в профессиональной деятельности.

5. Существуют ли «химические способности»?

Для доказательства существования тех или иных способностей часто прибегают к факторному анализу. По нашему глубокому убеждению, факторный анализ — это лишь один из способов сокращения данных для более удобной интерпретации, и поэтому использовать только факторный анализ для доказательства существования тех или иных способностей нецелесообразно. Более того, пока еще не разработаны четкие и однозначные критерии деления на более способных и менее способных в химии. В нашем исследовании такими критериями были: 1) средняя оценка успеваемости по химии; 2) отображение химических образов в невербальной батарее Торренса.

Факторный анализ позволил нам выделить три фактора\*.

В первый фактор — химические знания — вошли оценки по химии, физике, математике и ошибки, допущенные в химических дифференцировках; показатель вербального интеллекта; показатели субтестов «понятливость», «арифметический», «анalogии» теста Д. Векслера и результаты тестовых заданий для итогового контроля качества знаний.

Во второй фактор — химические способности — вошли в основном временные показатели теста «Great chemists»; объем слуховой памяти на химические элементы вразброс; объем кратковременной памяти на элементы, объединенные химической закономерностью и показатель внимания по тесту ТИПС.

В третий фактор — общие способности — вошли показатели вербального, невербального и общего интеллекта по тесту Векслера, а также показатели всех субтестов, за исключением субтестов «последовательные картинки» и «шифровка»; показатели интеллектуального развития по тесту Равена, ТИПС (исключено внимание) и показатель «оригинальность» в вербальном субтесте Торренса «причины». Анализ корреляционных связей между факторами (см. таблицу) подводит нас к выводу, что химические способности являются ортогональным фактором по отношению к общим способностям и знаниям.

---

\* Мы задали достаточно высокий порог отбора главных компонент: сколько факторов имеют собственные значения выше 5, таких оказалось 3, что означает отбор трех факторов. Факторные нагрузки рассчитаны с использованием метода ортогонального вращения Varimax with Kaiser Normalisation.

### Корреляционные связи между факторами

Фактор	Химические знания	Химические способности	Общие способности
1. Химические знания	0,846	0,034	–0,531
2. Химические способности	–0,116	0,986	–0,121
3. Общие способности	0,520	0,164	0,838

6. Можно ли утверждать, что химические способности являются независимыми по отношению к знаниям химии, математики, физики и общим умственным способностям?

Наверное, нет. Так, Фарадей подробно исследовал прохождение газов через капиллярные трубочки и установил, что чем легче газ, тем быстрее он проходит через капилляр. Это было предпосылкой к открытию закона газовой диффузии, но Фарадей, к сожалению, не знал математики и потому не увидел закономерностей, которые так явно вытекали из его результатов. Это сделал позднее Томас Грэм.

Также нельзя утверждать, что химические способности независимы от уровня развития интеллектуальных способностей. Данные регрессионного анализа показывают, что во время становления когнитивных структур репрезентации химических знаний высока зависимость времени химических дифференцировок от уровня общего интеллектуального показателя, причем чем сложнее дифференцировка, тем больше зависимость от интеллекта. Но в процессе формирования химических способностей эта зависимость уменьшается. У студентов второго курса время выполнения простых дифференцировок (простое и сложное вещество) становится равным времени выполнения сложной дифференцировки (различение классов неорганических веществ по химической формуле). График зависимости времени дифференцировок от общего интеллектуального показателя превращается в прямую линию, параллельную оси общих интеллектуальных способностей (см. рис. 1, 2).

7. С. Л. Рубинштейн указывал, что всякая психическая деятельность, как форма связи субъекта с объективным миром, предполагает соответствующие свойства. Сложные психические свойства человека образуют две основные группы — характерологические свойства и способности. Первая связана с побудительной, вторая — с организационно-исполнительной стороной психической регуляции человека<sup>13</sup>. Опираясь на данные множественного регрессионного анализа факторов личности по опроснику Р. Кеттелла, нам удалось выявить характерологические свойства, или «формулу личности химика»:

$$\text{уровень знаний химика} = 2,207 + 0,163 \cdot G + 0,085 \cdot Q_1.$$

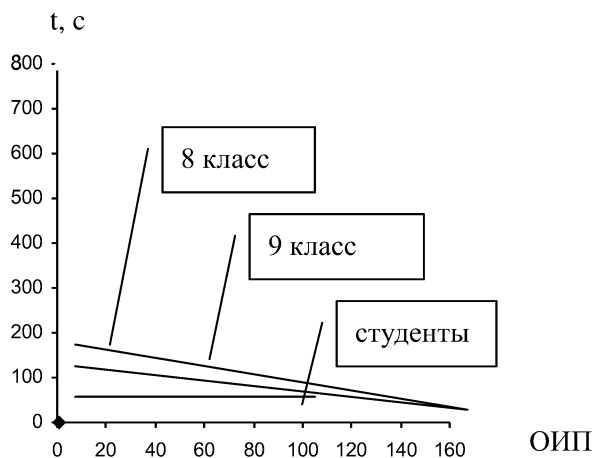


Рис. 1. Зависимость времени простых химических дифференцировок от общего интеллектуального показателя

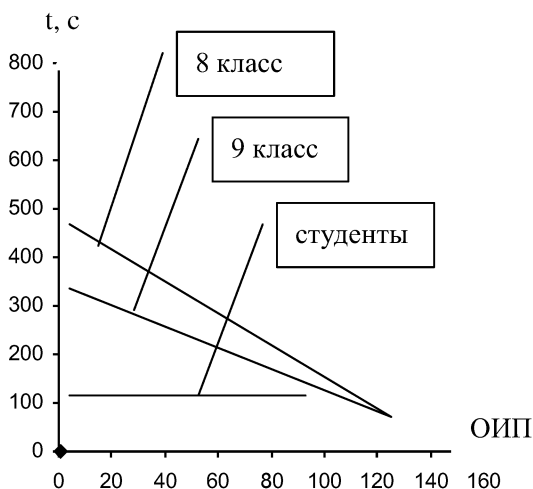


Рис. 2. Зависимость времени сложных химических дифференцировок от общего интеллектуального показателя

Личность с высоким значением по фактору  $Q_1$  стремится быть хорошо информированной, но обладает критическим мышлением и никакую информацию не принимает на веру. Она отличается гибкостью мышления, терпима к противоречиям, доверяет логике, а не чувствам, стремится к конструктивным преобразованиям. Личность с высокой оценкой по фактору  $G$

обладает развитым чувством ответственности, обязательна и добросовестна, точна и аккуратна в делах, обладает хорошим самоконтролем.

**Вывод:** когнитивные структуры репрезентации химической формы движения материи, первоначально произрастающие из структур общих интеллектуальных способностей, все тоньше и глубже отражая предметную область действительности, начинают функционировать по своим правилам и становятся все более независимыми от общих интеллектуальных способностей. Происходит отбор тех элементарных способностей, которых объективно требует данный вид деятельности. По мере того как связи, определяющие протекание психического процесса, «стереотипизируются», «...психический процесс перестает выступать видимым образом, уходит из сознания; на месте его остается... новая “природная” способность...»<sup>14</sup>, — способность к усвоению химических знаний.

---

<sup>1</sup> Шадриков В. Д. Способности, одаренность, талант // Развитие и диагностика способностей / Отв. ред. В. Н. Дружинин, В. Д. Шадриков. М., 1991. С. 11.

<sup>2</sup> Рубинштейн С. Л. Бытие и сознание. Человек и мир. СПб., 2003. С. 256.

<sup>3</sup> Там же. С. 258.

<sup>4</sup> См.: Волкова Е. В. Формирование когнитивных репрезентативных структур в процессе изучения школьного курса химии: Дис. ... канд. психол. наук. М., 2002.

<sup>5</sup> Там же.

<sup>6</sup> См.: Волкова Е. В. «Great chemists» — новый подход к диагностике специальных способностей // Материалы науч. конф., посв. памяти В. Н. Дружинина / ИП РАН, 19–20 сент. 2005 г. М., 2005. С. 98–103.

<sup>7</sup> См.: Борецка К. Теория и практика изучения общей химии на основе профессиональной направленности в педузах Польши. СПб., 1993.

<sup>8</sup> См.: Шаталов М. А. Проблемное обучение химии в средней школе на основе межпредметной интеграции: Дис. ... канд. пед. наук. СПб., 1998.

<sup>9</sup> См.: Очирова Л. П. Формирование умений осуществлять причинно-следственные связи в обучении химии: Дис. ... канд. пед. наук. СПб., 1995.

<sup>10</sup> См.: Волкова Е. В. Использование методики Торренса для изучения способностей студентов-химиков // Изв. Урал. гос. ун-та. Сер. 1, Проблемы образования, науки и культуры. 2007. Вып. 50. С. 241–253.

<sup>11</sup> См.: Ласло П. Логика органического синтеза. М., 1998.

<sup>12</sup> Волкова Е. В. Язык химического мышления // Химия: Методика преподавания в школе. 2001. № 8. С. 30–37.

<sup>13</sup> См.: Рубинштейн С. Л. Бытие и сознание. С. 256.

<sup>14</sup> Там же. С. 258.

Статья поступила в редакцию 14.02.2007 г.